



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2019/2020

Nº de proyecto

207

Título del proyecto

Física de la Materia Condensada: de los contenidos docentes
a su aplicación en tareas de investigación en el postgrado.

Nombre del responsable del proyecto

Elena Díaz García

Centro

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento

Física de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

La Física de la Materia Condensada trata del estudio de aquellos fenómenos que surgen de la consideración de un elevado número de partículas en interacción. Comprende, por tanto, el estudio de la materia que nos rodea, dando lugar al descubrimiento de fenómenos que han tenido un impacto sin precedentes en nuestra sociedad actual. De hecho, un elevado número de premios Nobel de Física se han otorgado a estudios relacionados con esta materia. El caso quizá más conocido por todos es el transistor, que es la base de toda la tecnología actual, por el que se concedió el premio Nobel de Física en 1956 a Shockley, Bardeen y Brattain. Más recientemente, el descubrimiento del grafeno, por el cual se concedió el Nobel de Física en 2010 a Geim y Novoselov, ha supuesto una revolución mundial por sus propiedades físicas que hoy en día se siguen investigando por su potencial en aplicaciones. Además, el fenómeno de emergencia en la Física de la Materia Condensada da lugar a la formación de fases exóticas de la materia, más allá de los sólidos y los líquidos convencionales, como por ejemplo son los superconductores y las fases topológicas de la materia. En consecuencia, existen inversiones millonarias a nivel europeo y mundial que buscan acelerar la investigación en nuevos materiales y así alcanzar en un futuro próximo todas aquellas aplicaciones novedosas que se esperan, como por ejemplo la tan ansiada computación cuántica.

En la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense, el número de asignaturas dedicadas al estudio de la Física de la Materia Condensada en el Grado y el Máster es limitado a una única asignatura por etapa. Con tan poco volumen de asignaturas es imposible encontrar ocasión para presentar a los alumnos los últimos avances en el campo o, incluso, describir con detalle aquellos fenómenos cuya relevancia en la Física actual es de capital importancia.

En este Proyecto INNOVA-Docencia hemos pretendido complementar la oferta de contenidos relacionados con Física de la Materia Condensada del Grado en Física organizando una serie de seminarios englobados en las Jornadas *Últimos Avances en Física de la Materia Condensada*. Estas Jornadas tienen un doble objetivo docente. Por una parte, pretenden que nuestros alumnos se familiaricen con los temas de investigación más recientes y punteros del área. Por otra parte, también buscan promover que muchos más alumnos y alumnas decidan iniciar una carrera investigadora en esta área.

Los principales objetivos del proyecto son suscitar interés e impulsar la motivación en los alumnos hacia la Física de la Materia Condensada. Estos objetivos pueden desglosarse a su vez en los siguientes:

- **Objetivo 1:** Diseño de los contenidos de investigación y material docente teórico-práctico.
- **Objetivo 2:** Coordinación con laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas e institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- **Objetivo 3:** Elaboración de encuestas para evaluar el grado de satisfacción de los alumnos.
- **Objetivo 4:** Elevación al Consejo de Departamento de Física de Materiales de propuestas de cambios de programa y metodología en las asignaturas "Física del Estado Sólido" y "Física de la Materia Condensada" del Grado en Ciencias Físicas y "Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada" del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados.

2. Objetivos alcanzados

Los objetivos previstos se han cumplido ampliamente, dadas las circunstancias excepcionales generadas por la epidemia del COVID-19. A continuación se detallan los aspectos relativos a cada uno de ellos.

Objetivo 1: Diseño de los contenidos de investigación y material docente teórico-práctico.

Se ha confeccionado un calendario compatible con la docencia reglada impartida en la Facultad. Para ello, se eligió el jueves con horario de 13:30 a 14:30, desde el 6 de febrero hasta el 23 de abril de 2019, ambos inclusive. De las 10 sesiones planeadas 5 de ellas se realizaron de forma presencial en el Aula 4A de la Facultad de Ciencias Físicas, con capacidad para albergar a los **61 alumnos** inscritos. Las 5 restantes, y debido al confinamiento impuesto por la epidemia del COVID-19, se presentaron en la página web de las jornadas incluyendo en uno de los casos una presentación con acceso desde la plataforma *YouTube*. Para estas cinco últimas sesiones se diseñó un breve cuestionario que se envió a los participantes, para así poder realizar el seguimiento de los estudiantes que continuaban participando en el desarrollo de las jornadas.

Destacamos que es el tercer año que organizamos este tipo de jornadas actualizando el enfoque de los seminarios, y el número de inscritos crece cada año notablemente por lo que sin duda el interés de los estudiantes del Grado en Física es muy elevado.

Los temas impartidos así como los conferenciantes han sido los siguientes:

1. **Moléculas quirales: Espintrónica sin imanes.** Elena Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. **6 de febrero.**
2. **Aislantes y semimetales topológicos.** Yuri Baba, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. **13 de febrero**
3. **Los diversos efectos Hall cuántico.** Álvaro Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. **20 de febrero.**
4. **Grafeno bicapa rotado: la magia del Moiré.** Leonor Chico, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, **27 de febrero.**
5. **Propiedades ópticas de nanohilos semiconductores.** Emilio Nogales, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. **5 de marzo.**
6. **Puntos cuánticos: Plataforma versátil para la computación y simulación cuántica.** Gloria Platero, Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (inicialmente prevista para el **12 de marzo**).
7. **Fortalezas y debilidades de los cálculos de primeros principios.** Ruth Martínez, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense (inicialmente prevista para el **19 de marzo**).
8. **Nanohilos: una ruta hacia dispositivos termoelectrónicos eficientes.** Marisol Martín-González, Instituto de Micro y Nanotecnología de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (inicialmente prevista para el **26 de marzo**).
9. **Superconductividad.** María José Calderón, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (inicialmente prevista para el **16 de abril**).

10. **Transporte térmico en la nanoescala.** Rafael Gutiérrez, Institute for Materials Science, TU Dresden, Alemania (inicialmente prevista para el **23 de abril**).

Mientras la actividad se pudo hacer de forma presencial los participantes han recibido un mail semanal avisando de que la presentación de la siguiente sesión se encontraba disponible para su descarga en la web de las jornadas (<http://valbuena.fis.ucm.es/fmc>). De esta manera se han podido familiarizar con el tema a tratar antes de cada conferencia. Tras la cancelación de la actividad presencial y de la actividad académica durante un periodo de 15 días, los participantes recibieron un email indicando dónde y cuándo podrían encontrar las presentaciones que quedaban por impartir, así como la posibilidad de ponerse en contacto con los autores de dichas presentaciones para transmitirles dudas y/o inquietudes.

Objetivo 2: Coordinación con laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas e institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Uno de los seminarios ha sido impartido por el Prof. Emilio Nogales de la Facultad de Ciencias Físicas que es miembro del Grupo del Física de Nanomateriales Electrónicos, un grupo experimental de investigación con acceso a gran variedad de técnicas de laboratorio. Entre ellas destacan: la síntesis y caracterización de nanoestructuras semiconductoras, microscopía electrónica de barrido y espectroscopías ópticas, que fueron presentadas en el seminario a los estudiantes.

Por otra parte hubo cuatro conferenciantes provenientes de distintos institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Maria José Calderón es investigadora del Instituto de ciencia de materiales de Madrid (ICMM), en el campo de la teoría de la Física de la materia Condensada.
- Gloria Platero es Profesora de investigación del ICMM, con una amplia y dilatada trayectoria científica en el campo de la teoría de la Física de la Materia Condensada.
- Leonor Chico es Científica titular del ICMM experta también en teoría de la Física de la Materia Condensada.
- Marisol Martín González es Científica Titular del Instituto de Micro y Nanotecnología experta en termoelectricidad y nanoestructuración de materiales.

Objetivo 3: Elaboración de encuestas para evaluar el grado de satisfacción de los alumnos.

Este objetivo lamentablemente no ha podido llevarse a cabo, como sí se hizo en años anteriores, debido a la incidencia del Covid-19. Antes de que se suspendiera la actividad presencial el 80% de los estudiantes habían asistido a 4 o 5 de las 5 sesiones que habían tenido lugar, con lo que la participación en las jornadas estaba siendo muy satisfactoria. Sin embargo, tras el confinamiento, esa participación se redujo considerablemente, probablemente debido a las nuevas circunstancias personales y académicas sobrevenidas. De hecho, sólo el 20% ha respondido al cuestionario de seguimiento. Teniendo en cuenta esta bajada significativa de la participación, no se consideró oportuno solicitar la colaboración de los estudiantes en la realización de encuestas.

Objetivo 4: Elevación al Consejo de Departamento de Física de Materiales de propuestas de cambios de programa y metodología en las asignaturas "Física del Estado Sólido" y "Física de la Materia Condensada" del Grado en Ciencias Físicas y "Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada" del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados.

Este objetivo se ha llevado a cabo en forma de comunicaciones no oficiales por el momento, con la idea de profundizar en él una vez que se retome con normalidad la actividad académica el próximo curso. En general, podemos destacar el interés de los estudiantes por ahondar, tanto en técnicas de análisis teórico y numérico, como en técnicas experimentales utilizadas en Física de la Materia Condensada.

3. Metodología empleada en el proyecto

Como objetivo principal, el proyecto ha pretendido transmitir a los estudiantes del Grado en Física la relevancia del área de la Física de la Materia Condensada, así como establecer un puente entre la formación académica y la investigación actual en esta área. Para esto la metodología utilizada pivota en torno a un eje principal, que son las Jornadas "Últimos Avances en Física de la Materia Condensada". El Vicerrectorado de Estudios aprobó el reconocimiento de 1 ECTS optativo para los alumnos inscritos que decidieran solicitarlo. Para ello, los alumnos que optaban al ECTS han debido enviar el resumen de una de las sesiones, no inferior a mil palabras. Las Jornadas se organizaron en 10 sesiones de 60 minutos cada una, con la participación de profesores e investigadores del Departamento de Física de Materiales en su mayoría, pero también del Instituto de Ciencia de Materiales del CSIC o incluso investigadores de Universidades europeas. Los alumnos matriculados en las dos ediciones anteriores ha superado los 40 por año, lo que ha constituido una muy grata sorpresa para los organizadores ya que la matrícula en la asignatura de Grado "Física de la Materia Condensada" es muy inferior.

La difusión de las jornadas se ha hecho mediante los siguientes medios:

- Anuncio a través del Campus Virtual a alumnos de las asignaturas de Física del Estado Sólido y Física de la Materia Condensada de Grado y los alumnos matriculados en el Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados.
- Anuncio mediante cartelera y pantallas de la Facultad de Ciencias Físicas.

4. Recursos humanos

Todas las tareas de organización y difusión de las jornadas, así como la gestión del reconocimiento del crédito optativo, ha recaído en los cuatro organizadores: Elena Díaz, Francisco Domínguez-Adame, Álvaro Díaz y Yuriko Baba. Los profesores Elena Díaz y Francisco Domínguez-Adame se han encargado principalmente de las cuestiones organizativas, contactando con los conferenciantes, reserva de aula, recogida y evaluación de resúmenes de los alumnos interesados en solicitar el crédito optativo. Por otra parte, Álvaro Díaz y Yuriko Baba se han encargado de los documentos para la difusión de las jornadas, así como del control de asistencia y participación de los alumnos. Asimismo, Elena Díaz, Álvaro Díaz y Yuriko Baba participaron como conferenciantes.

5. Desarrollo de las actividades

En los apartados anteriores se han presentado las principales actividades que se han llevado a cabo. A continuación se resume su secuencia temporal.

- Octubre de 2018 a enero de 2019. Elaboración del programa y selección de conferenciantes. Coordinación de fechas para las conferencias. Solicitud del reconocimiento del crédito optativo.
- Febrero a marzo de 2019. Conferencias presenciales de los investigadores invitados.
- Marzo a abril de 2019. Elaboración del material online, presentaciones y cuestionario de seguimiento de los seminarios ofertados en confinamiento.
- Mayo de 2019. Análisis del material entregado por los alumnos como evidencia del seguimiento de las jornadas y para la adquisición del crédito optativo en su caso.
- Mayo y junio de 2019. Autoevaluación del desarrollo de la actividad y reflexión sobre posibles mejoras para próximos años.